

システム技術の新しいアプリケーション

集中豪雨による浸水被害を回避するための様々な技術や方法を雨水対策と呼びます。雨水対策は、例えば、国土交通省の第8次下水道整備7か年計画(1996～2002年度)において雨水対策整備率の向上がうたわれているように、21世紀の社会インフラ整備の一つとして重要視されています。雨水対策の要素技術としての下水処理場やポンプ場への流入量予測技術や河川の水位予測技術は、下水処理場、ポンプ場、河川の排水機場の雨水排水ポンプを迅速にかつ確実に運転するための、運転員への支援情報として重要な役割を担う技術です。

当社では、データから直接モデルを作る手法の一つであるシステム同定技術を利用して、下水処理場やポンプ場の雨水流入量予測システムと河川の水位予測システムを開発しています(図1)。



図1 大阪府平野川分水路排水機場の監視室 河川水位予測システムが導入されており、左端の監視用ディスプレイに、河川水位予測値が10分間隔で1時間分表示されます。

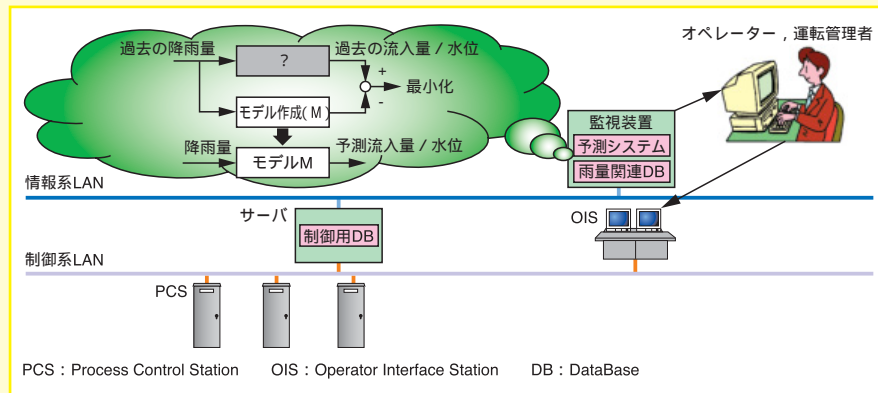


図2 監視制御システムの構成例 雨量関連DBに蓄積された降雨量や流入量のデータを用いて、システム同定により予測システムを構築し、オンラインで予測を行います。

システム同定技術

システム同定とは、システム制御理論の分野で開発されたモデリング手法であり、例えば下水処理場や排水機場のデータサーバに蓄積された、時々刻々と変化する降雨量、流入量、河川水位などの時系列データを用いて、システムの挙動を模擬したり予測したりするモデルを構築する方法です。システム構成例を図2に示します。

雨水流入量予測や河川水位予測にシステム同定を利用することのメリットには、次のようなものがあります。

第一に、モデルを構築するために十分な量の時系列データが蓄積されていれば、雨水の流れを水理学的に解析するような予測システムと比較して、短期間で予測システムを構築することができます。

第二に、システム同定による予測システムの予測演算時間は極めて短く、オンライン性に優れています。

第三に、ポンプの運転支援情報としては、数十分程度未来の予測値を高精度で演算することが求められますが、システム同定は、このような短時間かつ高精度な予測演算に適しています。これは、システム同定では、流入量や河川水位の変動要因である降雨量データなどのほかに、予測開始時刻までの流入量自身や河川水位自身のデータを用いて補正演算しているためです。

雨水流入量予測システム

降雨は、地下に浸透してしまう部分と表面流出して下水道に流入してくる部分に分けられ、後者を有効降雨量と呼びます。降雨量が多いと雨水が地下に浸透できなくなるため、降雨量が少なくなると比べて有効降雨量は相対的に大きくなる傾向があります。このような現象は非線形現象と呼ばれます。当社で開発した雨水流入量予測システムは、この非線形現象を考慮できるように予測モデルの構造(=予測モデル式)に工夫を施しています。具体的には、当社で既に開発済みの、降

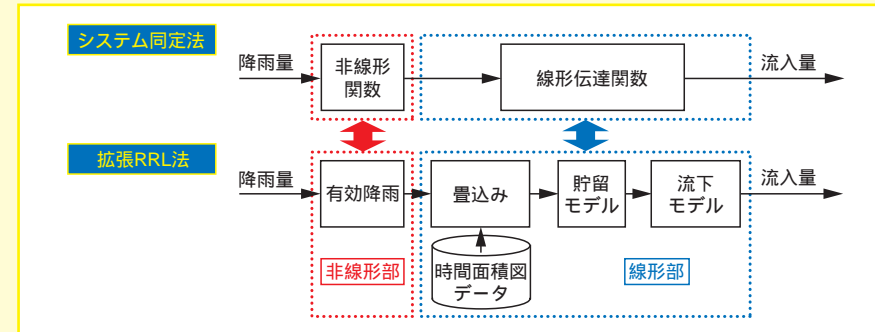


図3 システム同定法と拡張RRL法による雨水流入量予測モデル 開発したシステム同定法による雨水流入量予測システムの予測モデルの構造では、拡張RRL法で考慮されている降雨量と有効降雨量間の非線形現象を考慮しています。

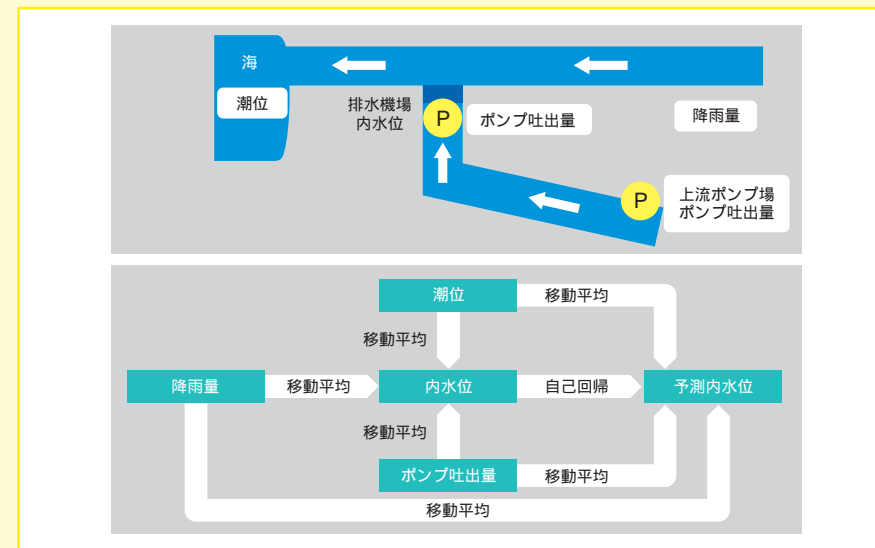


図4 システム同定法による河川水位予測モデル 水位の変動要因である潮位、降雨量、上流ポンプ場の吐量などを考慮し、実測した水位による補正演算も考慮されています。

雨の流れを水文・水理学的に解析する拡張RRL(Road Research Laboratory)法と呼ばれる流入量予測方法に用いる演算式と類似の構造を、システム同定の予測モデルに取り入れています。この概念を図3に示します。

このほかにもいくつかの工夫を施すことにより、10分先の予測誤差が雨水排水ポンプ1台分以内であることを検証しています。これは、拡張RRL法による予測と同程度以上のものであり、ポンプ運転員への支援情報としては十分な予測精度であると考えられます。

河川水位予測システム

河川水位は、晴天時においても潮位の影響により常に変動しています。また、河川流域にある数多くの排水ポンプ場の吐量も積極的に考慮する必要があります。おおまかに言えば、雨水流入量に比べて河川水位を変動させる要因は複雑になります。

その一方で、例えば豪雨にならないと起動しない排水ポンプの吐出量データなどのように、十分な数のデータが得られない場合もあります。開発した河川水位予測システムでは、このようなことを考

慮して、図4に示すように、予測モデルを潮位に関するモデル(晴天時モデル)、降雨に関するモデル(雨天時モデル)、ポンプ吐出量に関するモデル(豪雨時モデル)の部分モデルに分割して、予測システムを実現する独自の方法を採用しています。また、予測精度を向上させるために、予測モデルのパラメータを精度よく調整する方法も開発しています。

このような工夫を施し、実際の河川排水機場の監視制御システムに適用しました。そこでは、あらゆる天候においても、30分先の河川水位の最大予測誤差がほとんど±20 cm以内という、運用上有用な精度であることを検証しています。

将来への展望

ここで紹介したシステム同定技術の適用は、雨水流入量や河川水位などのような“水量”に関する予測ばかりでなく、今後重要となってくる汚濁量や有機物量などの“水質”の予測への適用も原理的に可能です。したがって、水質に関するデータが蓄積されれば、水質予測システムも実現することができます。

一方、システム制御理論の分野で発展したシステム同定技術と他の制御技術とを組み合わせることにより、予測システムを用いた排水ポンプの自動制御システムの実現も興味深い開発課題です。

これらが可能になれば、水量と水質を同時に考慮した完全自動制御システムの実現も期待できます。

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター  
社会システム開発部

山中 理

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部  
公共システム技術第二グループ主務

国見 正樹